

Introducción

El presente escrito, resultado de una investigación documental se adentra en un tema interesante: el experimento. En la actualidad y aun en el nivel licenciatura muy pocas veces nos hemos llegado a preguntar ¿Qué es un experimento? ¿Cuáles son sus etapas? y ¿Cuáles son sus requisitos? Es esto lo que despierta en nosotros la inquietud por saber más acerca de aquello que frecuentemente realizamos en algunas prácticas de laboratorio entonces, nos detenemos a pensar la posible respuesta a las anteriores interrogantes.

En el desarrollo de este texto, se explican el concepto, las etapas y los requisitos del experimento, así como algunos detalles que pareció importante mencionar, como las características y los tipos de experimentos.

La exposición da algunas respuestas a quienes quieran saber qué es el experimento, ya que conociendo este tema y aplicándolo podremos ser más efectivos en nuestras estrategias para comprender y solucionar problemas ya que, como bien sabemos, para eso se prepara un Ingeniero Industrial.

1. El experimento

Antes de entrar de lleno al tema es conveniente mencionar y analizar algunos conceptos de lo que es el experimento, con la intención de tener bien claro lo que se está abordando. Para esto se seleccionó

*Alumno de la Licenciatura en Ingeniería Industrial de la UPIICSA. Correo electrónico: arse_300@hotmail.com.

a los siguientes autores que parecieron más adecuados ya que su definición se acerca a la idea que tenemos.

“El experimento consiste en que una forma de observación activa verifica la construcción hipotética, aislando los aspectos causales del fenómeno y dejando, únicamente, lo necesario que encontramos en la ley” (Zorrilla Arena: 1993:71)

Esta acepción del experimento, señala que, parte de lo que hacemos es tratar de probar en la realidad, algunas ideas que hemos construido en nuestra cabeza.

Otra definición importante que se analizó es la siguiente: “Nos permite determinar la validez de una hipótesis mediante el análisis de los hechos concretos que tienen lugar en el desarrollo de un fenómeno provocado” (Sánchez Cerezo: 1986:614)

En ésta se señala que el experimento contrasta una hipótesis, esto es, se acepta o rechaza lo que propusimos. Antes de continuar con el experimento, aun cuando dejemos el asunto central, es fundamental resaltar un punto que consideramos trascendente y que ningún autor señala, si la prueba de hipótesis no es aceptada el experimento no pierde importancia. Se hace énfasis en esto, ya que a veces, nosotros como estudiantes llegamos al punto en el que concluido el proceso y con base en los resultados decidimos cuando una hipótesis se cumple o no, se obtiene el resultado esperado y determinamos que el experimento fue un fracaso; esto es un gran error de nuestra parte ya que cualquier resultado que se tenga será de gran

ayuda para ir perfeccionando aun más nuestro experimento, y así poder probar nuevas situaciones incluso plantear nuevas hipótesis. Esto se hace con la finalidad de encontrar la situación o el momento en el cual nuestra hipótesis se acepte o por el contrario saber por qué se rechazó.

Otras acepciones del experimento son:

“El experimento es aquella clase de experiencia científica en la cual se provoca deliberadamente algún cambio y se observa e interpreta su resultado con una finalidad cognoscitiva” (Bunge, 1983:8-9)

“El experimento es una prueba o serie de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida” (Montgomery:2002:1)

Al examinar las definiciones anteriores, deducimos que el experimento es un proceso de investigación científica, donde manipulamos intencionalmente una o más variables, para poder observar su resultado y de esta forma lograr el conocimiento.

1.1 Variables

Las variables juegan un papel muy importante cuando se habla

(+) El autor agradece la colaboración de sus compañeros Lucila González Lora, Armando Rita Marcial, Víctor Hugo Contreras Lorenzo y Humberto Durán Flores, ya que sin su ayuda no hubiese sido posible la elaboración de este escrito.

También quiere darle las gracias al profesor Fernando García Córdoba, por la motivación y el tiempo que invirtió en ayudarlo a organizar sus ideas y así poder plasmarlas.

de un experimento, debido a que es el núcleo del planteamiento. El término “variable” se refiere a que un evento puede adoptar valores diferentes, esto es, que puede “variar” y es el experimentador el que realiza en su trabajo tales cambios.

Cuando se piensa realizar un experimento, nosotros como sujetos debemos seleccionar el factor que se habrá de alterar; esta selección incluye la cuantificación de tal variación, es decir, en qué medida será alterado. A este tipo de eventos que manipulamos se le denomina “variable independiente”. Es aquella que va a ser manipulada por el investigador, va a controlar el evento, y a partir de ésta se observará el comportamiento de otras que serán las variables dependientes. En cuanto a la variable dependiente es el elemento que está en función de otro o sea va a estar subordinada por la variable independiente; son los resultados producidos por la variación de un efecto, de manera controlada por el experimentador.

Además de la variable independiente y de la dependiente existen también las variables extrañas, son los acontecimientos que ocurren al azar, ya que el experimentador no tiene control sobre ellas y afectan el resultado del experimento. También existen las variables intercurrentes o intervinientes que son elementos que influyen en la relación existente entre la variable dependiente y la variable independiente, pero su intervención es de manera indirecta.

En un experimento no hay reglas para determinar cuántas variables independientes y dependientes deben incluirse, ya que éstas dependen de cómo haya sido planteado el problema de investigación y las delimitaciones que éste presente.

1.2 Características esenciales de la experimentación

Ya hemos visto lo que es el experimento y cómo intervienen

las variables en él. Ahora veremos cuáles son sus características esenciales.

La experimentación no se trata de una técnica de recolección de datos, sino de la táctica de investigación. Al igual que otras estrategias de estudio, en la experimentación la información se obtiene mediante la aplicación de una o varias técnicas de obtención de datos, como la observación, la medición, el cuestionario, la entrevista, etc. Sólo hay que precisar que estas técnicas se orientan a la medición de los cambios provocados por la variable independiente o estímulo experimental en la aparición del fenómeno que se analiza.

Las características son las siguientes:

Provocar el fenómeno. El experimentador manipula libremente los valores de una o más variables independientes para estudiar su influencia sobre otras variables dependientes. Aquí la ventaja es que podemos realizar el mismo experimento cuantas veces sea necesario, pudiendo seleccionar la mejor condición.

Control del investigador. Cuando el investigador provoca el fenómeno, debe aislarlo de la influencia de cualquier otro factor que pudiese actuar conjuntamente con él, para después concluir que los resultados obtenidos se deben a los agentes que manipuló y que provocaron el fenómeno.

La aleatorización. La aleatorización es la piedra angular que fundamenta el uso de los métodos estadísticos en el diseño de experimentos, entonces la aleatorización es la asignación del material experimental, así como el orden en que se realizarán los ensayos del experimento; se determina al azar, ya que uno de los requisitos es que las observaciones (o los errores) sean variables aleatorias.

1.3 Determinación del objetivo de la experimentación

Éste es uno de los puntos más significativos, ya que se debe tener claro lo que se quiere probar y cómo se puede conseguir. Si nuestra inquietud se satisface con el experimento, debe entonces mencionar que el objetivo de la experimentación es determinar cuál es la variable independiente que influye en cada variable dependiente.

La planificación de un experimento depende de las condiciones en que se pueda provocar el surgimiento o la presencia del proceso y de los medios para mantener el control de esas condiciones para observar y medir el comportamiento del objeto en estudio. El experimentador debe reflexionar y combinar de diversas maneras para poder descubrir las condiciones más apropiadas y que resulten factibles para poder lograr los objetivos propuestos. Para asegurar el éxito en el trabajo experimental es conveniente que el investigador se plantee las siguientes preguntas:

En cuanto al objetivo: ¿Cuál es el objetivo del experimento?

En cuanto a las variables: ¿Cuáles son las variables por investigar? ¿Cuáles son las más importantes?

En cuanto al equipo y al medio ambiente: ¿Es necesario un ambiente especial para realizar el experimento? ¿Qué equipo es necesario para la realización del experimento?

En cuanto a los instrumentos de medición: ¿Existen comercialmente los instrumentos o se deben fabricar especialmente para el experimento? ¿Cuál es la exactitud que se requiere para efectuar cada medición? ¿Se calibran los instrumentos?

En cuanto al procedimiento: ¿Qué procedimiento es el adecuado? ¿Cuáles son los aspectos de seguridad preventiva necesarios si

dentro del experimento existe alguna operación peligrosa?

En cuanto a la evaluación de los resultados: ¿Son confiables los resultados? ¿Qué tipo de relación existe entre las variables?

En cuanto a la presentación de los resultados: ¿Cuáles son los resultados significativos? ¿Cómo se van a presentar los resultados?

En cuanto a las conclusiones: ¿Satisfacen las conclusiones el objetivo general de la investigación?

Éstas son algunas preguntas fundamentales para efectuar un experimento debido a que se irán consultando antes, durante y después del proceso. Estas reflexiones permiten diseñar de forma adecuada un experimento.

Un análisis cuidadoso durante el periodo de la planeación puede permitir al investigador hacer una mejor selección de instrumentos para su proyecto así como ahorrar tiempo y dinero. En realidad, éste es el objetivo de planear y si se hace de manera cuidadosa y acertada, es difícil que algo se salga de control, y esto nos permite tener resultados certeros.

1.4 Tipos de experimentos

Un experimento se lleva a cabo con la finalidad de obtener resultados objetivos, pero también es importante conocer qué tipo de experimento se quiere efectuar y para esto la siguiente clasificación resulta muy valiosa.

Experimentos exploratorios. Son los que el investigador realiza cuando existen pocos conocimientos acerca del fenómeno que se desea estudiar, sin embargo, siente curiosidad o considera necesario saber qué ocurriría en determinadas circunstancias bajo ciertas condiciones.

Experimentos Confirmatorios. Son aquéllos en los que el investigador parte de unos conocimientos

previos sobre el problema a estudiar o bien precedentes de otros experimentos confirmatorios y en función de esos conocimientos es capaz de predecir una nueva relación entre determinadas variables, pone a prueba la hipótesis.

Experimentos Cruciales (*Experimentum Crucis*). Son experimentos que permiten probar simultáneamente dos o más hipótesis contradictorias de tal forma que una quedaría confirmada y todas las demás rechazadas. Somete a prueba la hipótesis para confirmarla o desecharla.

1.6 Experimentos de campo y de laboratorio

Los experimentos no sólo varían respecto al diseño, sino también dependiendo del contexto de la investigación. En general, se diferencian dos amplias modalidades de experimento de campo y los de laboratorio.

Empezaremos definiendo qué es un experimento de campo. Éstos son aquéllos que se llevan a cabo en contextos reales o naturales donde el experimentador observa la situación tal y como se da, y luego examina las relaciones de las conductas observadas, por ejemplo, en fábricas, en aulas escolares, en un parque público, etc. En esta clase de experimento el sujeto puede encontrarse con una situación y observar las reacciones de su alrededor, pero también puede manipular la situación, por ejemplo, promover que dos sujetos se golpeen y observar cómo reaccionan las personas presentes.

Los experimentos de laboratorio son aquéllos donde el investigador puede manipular casi cualquier situación y tiene un mayor control de las variables, incluso del medio donde se estudia el objeto. Los eventos experimentales ocurren a discreción del experimentador, se utilizan controles para identificar la fuente de variación, y se suele olvidar el componente contextual

y ambiental, y señalar como experimentación toda aquella situación en la que se pueda medir las variables con precisión.

Los experimentos de laboratorio se diferencian de los de campo por tener un control total del ámbito en que ocurre la situación pero pierden naturalidad, mientras que a los de campo, les ocurre justamente lo contrario.

Además, la propia artificialidad creada en los experimentos de laboratorio resta validez externa al experimento, es decir, la posibilidad de generalización de los hallazgos más allá de los confines de laboratorio. Esto provoca argumentos en contra de su utilidad, precisamente por la artificialidad del entorno donde acontecen.

Éstas son las diferencias más notables de estos dos ámbitos de experimentación; cada uno se aplica dependiendo de las necesidades del investigador, esto es, si quiere observar algunas situaciones en un entorno natural debe aplicar el experimento en campo y si quiere controlar el medio donde se llevará a cabo, se aplica el experimento en laboratorio.

1.7. El error experimental

Un error experimental es la variación producto de factores distorsionantes, que pueden ser conocidos o desconocidos. Si el experimentador supiese qué error fue, lo corregiría y entonces dejaría de ser un error. En otras palabras, los errores reales en los datos experimentales son aquellos factores que son indeterminados y desconocidos hasta cierto punto y que además poseen una cierta cantidad de incertidumbre.

Algunos tipos de errores experimentales más comunes e importantes son:

- En primer lugar, pueden existir fallas grandes en el aparato o en la construcción de la instrumentación, las cuales pueden inva-

lidar los datos obtenidos. Teniendo el cuidado necesario, el experimentador puede ser capaz de eliminar la mayoría de estos errores.

- Segundo, puede haber ciertos errores fijos, los cuales ocasionarían que en repetidas lecturas se tenga un error de la misma magnitud aproximadamente por alguna razón desconocida. En algunas ocasiones, a este tipo de errores también se les llama errores sistemáticos.
- Tercero, existen los errores aleatorios, se deben a la suma de un gran número de perturbaciones individuales y fluctuantes que se combinan para dar lugar a que la repetición de una misma medición dé en cada ocasión un valor algo distinto. En general, los errores aleatorios no se pueden eliminar, pero sí estimar. Aunque no se puede determinar el valor del error aleatorio, producto de fluctuaciones personales, de las alteraciones aleatorias del medio ambiente, de la falta de calibración de algunos de los instrumentos que se utilizan, sí es posible estimar su valor mediante métodos estadísticos.

2. Etapas del experimento

Es importante delimitar las etapas del experimento para tener un claro conocimiento de lo que se tiene que hacer conforme éste vaya avanzando.

1. La primera de ellas es la delimitación del problema que refiere al objeto en estudio, así como los factores que involucra. Dependiendo del problema que se observa se tratará de delimitar quitando o agregando factores que sean necesarios.
2. Planteamiento y formulación del problema: La formulación ha de hacerse en términos claros y concretos, sin ambigüedades y en forma de pregunta en la que aparezcan mencionadas las

variables y la relación entre ellas que es objeto del experimento.

3. Formulación de la hipótesis: Una hipótesis es una tentativa de solución al problema planteado, donde se requiere por parte del experimentador conocimientos previos sobre el fenómeno a estudiar y una cierta creatividad a la hora de establecer una relación hipotética entre ambos tipos de variables (independiente y dependiente). En la hipótesis debe aparecer formulada de la forma más evidente posible la relación que esperamos encontrar entre las variables propuestas, y una forma correcta de formulación precisa es: "si A, entonces B". La determinación de la hipótesis requiere de una gran dosis de creatividad y un conocimiento del tema objeto de experimentación. Es decir, no solamente proponemos que exista una relación de causalidad entre entrenamiento y rendimiento, sino el sentido de esta relación, "si hay entrenamiento, entonces habrá mayor rendimiento"
4. La cuarta etapa corresponde al diseño y ejecución del fenómeno que se experimenta y a su análisis durante su realización. Ello lleva a la selección de los procedimientos necesarios, debido a que el experimentador es libre de realizar de una u otra forma el experimento así como de elegir los instrumentos, la muestra que ha de manejarse y el control de variables extrañas.
5. Recolección de datos: El experimentador procederá a reunir los datos necesarios que le permitirán en la fase siguiente comprobar si se ha confirmado o no la hipótesis propuesta.
6. Confrontación de los datos con la hipótesis: Una vez registrados y elaborados los datos, tenemos que buscarles una interpretación para saber si a partir de ellos se confirmará o no la hipótesis, y para que esta

interpretación sea adecuada, es necesario recurrir a técnicas estadísticas.

7. Conclusiones y generalización de los resultados: Una vez que se ha confirmado o rechazado la hipótesis de la fase anterior a un determinado nivel de significación, se procederá a extraer las conclusiones pertinentes a los resultados obtenidos.

3. Requisitos del experimento

Los principales requisitos que consideramos son los siguientes:

1. El fenómeno de que se trate debe aislarse para estudiarlo mejor. Esto quiere decir que debe preferentemente efectuarse un experimento de laboratorio donde el fenómeno debe separarse de cualquier vínculo con el exterior o, en todo caso, delimitar la población para un estudio conciso, aun cuando éste reste naturalidad al evento.
2. Que el experimento debe repetirse varias veces en las mismas circunstancias para comprobar si el resultado siempre es el mismo.
3. La observación sistemática exige al investigador que esté preparado para observar en el momento en que tenga previsto que se dará el fenómeno, y tenga preparados el material, técnicas de registro, etc. para estudiar el fenómeno en el momento que se produzca.
4. El experimento debe durar el tiempo suficiente para que se produzca el fenómeno deseado. Un experimento tiene que tomar su tiempo para que se observen efectos, de lo contrario, si se realiza en un tiempo limitado no se obtendrán resultados confiables.

Un buen ejemplo de un trabajo experimental en ingeniería industrial es el proyecto de investigación realizado por Uriel Enrique Becerril Franco, presentado en la UPIICSA

en agosto de 2002, efectúa un diseño experimental aplicado a la empresa dedicada a la fabricación de automóviles en la ciudad de Puebla. Ésta ha centralizado el proceso de desarrollo de vehículos, sin embargo comienza a mostrar algunas desventajas, por tal razón hace algunos años el consorcio decidió comenzar a descentralizar su proceso de producción. Es así que este autor desarrolló una metodología para el diseño experimental que sea capaz de dotar al área de diseño de producto o procesos de esta organización industrial y permita obtener un diseño robusto de los productos a un bajo costo y en el menor tiempo posible.

El trabajo se centró en diseñar una bolsa de aire lateral que proteja tanto la cabeza como al tórax durante un impacto.

Este proponente señala como puntos importantes del experimento que llevó a cabo el análisis por bloques, que es una técnica que se usa para incrementar la precisión del experimento. "Un bloque es una proporción del material experimental que sea más homogénea que el total del material" (2002:31). Al realizarse este análisis se hicieron comparaciones entre las condiciones de interés del experimento dentro de cada bloque. Este autor nos señala un punto muy importante, sin el diseño experimental no hay manera de conocer de forma precisa la influencia de cada uno de los factores, sus interacciones, así como el efecto de cada uno para hacer un pronóstico.

El propósito de ese trabajo de nivel postgrado fue elaborar una bolsa de aire lateral más económica y eficiente que el modelo actual.

Para esto, se requirió de la presencia del equipo que trabaja en el desarrollo de los elementos de Seguridad y Asientos, además del personal de diseño y de pruebas, se tomaron en cuenta, entre otras,

las siguientes variables:

- Temperatura
- Poliuretano
- Detonador
- Gas generador
- Fijación
- Costura
- Guía de bolsa.

Estos análisis ayudaron a comprender mejor el fenómeno y, por lo tanto, a manipular los factores que influían determinantemente en la protección del tórax; además, como el pronóstico del análisis matemático fue alentador y más aún, las corridas comprobatorias estuvieron muy cerca de lo previsto, se concluye que durante el proceso del desarrollo del módulo de la bolsa de aire se obtuvo, como resultado de un buen trabajo experimental, un producto efectivo.

Con esto, no sólo comprobamos la importancia de experimentar en cualquier ocasión, problema o circunstancia. Como Ingenieros Industriales debemos aprender esta técnica y aplicarla en nuestro quehacer profesional.

4. Recomendaciones

A continuación se enumeran algunas recomendaciones para realizar un experimento; espero que éstas sean de ayuda para el interesado en el tema.

1. Establecer la necesidad de realizar el experimento.
 - a) Establecer las condiciones óptimas de: presupuesto, personal y tiempo, incluyendo la secuencia en tiempo del proyecto.
 - b) Modificar el alcance del experimento al detalle y establecer de manera precisa sus objetivos.
2. Comenzar la planificación del experimento al detalle así como establecer cuidadosamente los momentos y objetivos del experimento.

3. Establecer las variables que deben medirse.
 - a) Determinar lo mejor posible, la exactitud que puede requerirse y el número de tales mediciones que serán necesarias para el adecuado análisis de datos.
 - b) Establecer los procedimientos de cálculo para sintetizar los datos antes de llevar a cabo el experimento para estar seguro de que se van a recoger los datos necesarios para alcanzar el conocimiento deseado.
4. Seleccionar los instrumentos para las diversas mediciones que procuren los requisitos de exactitud esperados.
5. Recopilar unos pocos datos y efectuar un análisis preliminar de ellos, para estar seguro, de que el experimento está resultando como se había planeado.
6. Modificar el arreglo o el procedimiento experimental, de acuerdo con los resultados.
7. Recopilar el cúmulo de los datos experimentales y analizar los resultados.
8. Organizar, discutir y aplicar los descubrimientos y resultados del experimento, asegurándose de incluir la información pertinente.

Conclusión

A partir de lo antes expuesto puede señalarse en esencia que el experimento es una de las más valiosas experiencias científicas a las que podemos tener acceso, en la cual nosotros provocamos un cambio al objeto de estudio y observamos su resultado, para que de esta forma logremos el conocimiento. En particular, para el caso de ingeniero industrial, es un imprescindible recurso, ya que el experimento posibilita conocer y así poder encontrar respuestas lógicas a las interrogantes emanadas de su práctica profesional. 

Bibliografía

- Ander-Egg, Ezequiel. *Técnicas de investigación social*. 21ª Ed. Editorial El Ateneo. México.
- Becerril Franco, Usiel. *Propuesta metodológica de diseño experimental aplicada a Volkswagen de México*. Tesis de maestría. UPIICSA, Instituto Politécnico Nacional. México. 2002.
- Bunge, Mario. *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*. Editorial Ariel, S.A. Barcelona. 1983.
- Cortés Mejía, Felipe Miguel. *Metodología para la implantación de un sistema de administración ambiental, ISO 14001*. Tesis de licenciatura. UPIICSA, Instituto Politécnico Nacional. México. 1998
- García Córdoba, Fernando. *La tesis y el trabajo de tesis: recomendaciones metodológicas para la elaboración de trabajos de tesis*. 2ª. Ed. Editorial Spanta. México. 1998.
- Gómez Romero, José. *El método experimental*. Editorial Harla. 1983.
- Kinear, Thomas C. *Investigación de mercados: Un enfoque aplicado*. 3ª. Ed. Editorial Mc Graw-Hill. México.
- López Cano, José Luis. *Método e hipótesis científica*. Editorial Trillas. México. 1989.
- Montgomery, Douglas C. *Diseño y análisis del experimento*. 2ª, Ed. Editoral Limusa Wiley. México. 2002
- Rosas, Lucía y Riveros, Héctor G. *Iniciación al método científico*. 1ª. Ed. Editorial Trillas. México. 1985.
- Schoner, Bertram. *Investigación en mercadotecnia: Sistemas de información y toma de decisiones*. 2ª. Ed. Editorial Limusa. México. 1979.
- Sánchez Cerezo, Sergio. *Diccionario enciclopédico de educación especial*. Editorial Santillana. México. 1986.
- Zorrilla Arena, Santiago. *Introducción a la metodología de la investigación*. Editorial Cal Editores, S,A. 1993.

